

И. Б. Новик

О философских вопросах кибернетического моделирования

13 II СЕРИЯ · ФИЛОСОФИЯ · 1964

Кандидат философских наук
И. Б. НОВИК

О ФИЛОСОФСКИХ ВОПРОСАХ КИБЕРНЕТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
Москва 1964

В эпоху бурного развития естествознания, когда наука становится в полной мере непосредственной производительной силой, большое значение приобретает философский анализ достижений ведущих отраслей знания. К таким отраслям относится и молодая научная дисциплина кибернетика, которая изучает общие закономерности процесса управления в технических устройствах, живых организмах и обществе.

Возникновение и развитие кибернетики — крупный прогресс не только в области автоматизации производства, но и серьезный шаг в деле облегчения умственной деятельности человека. Освобождение людей от утомительной, однообразной работы, связанной с вычислениями, передача машинам функций, прежде считавшихся исключительным достоянием интеллекта человека, — все это подготовляет условия для перехода к коммунистическому творческому труду как игре интеллектуальных и физических сил человека (К. Маркс).

Успехи кибернетики связаны с широким использованием электронно-вычислительных машин для автоматического управления процессами. Внедрение технических средств и теоретических идей кибернетики в производство представляет собой один из элементов современного научно-технического переворота.

Для кибернетики, занимающейся исключительно широким кругом вопросов управления и связи в качественно различных по своей природе механизмах, организмах и обществах, переживающей еще период становления многих принципов, особую важность имеет четкость и верность мировоззренческих позиций. Коллективными усилиями многих естествоиспытателей и философов нашей страны и прогрессивных зарубежных ученых раскрыта полная несостоятельность идеалистических и метафизических трактовок.

Ныне в нашей литературе обоснован диалектико-материалистический взгляд на кибернетику как науку. Но это не ис-

ключает дискуссий по различным сложным методологическим проблемам, связанным с ее развитием. В сферу дискуссий входят и сложные проблемы, относящиеся к пониманию самого предмета новой науки. Для начальной стадии развития науки это естественный процесс. Несмотря на недоговоренность по некоторым методологическим проблемам, несмотря на то, что еще не определена достаточно четко сама специальность научного работника — «кибернетик», исследования ведутся широким фронтом в различных областях экономики, техники и науки совместными усилиями математиков, физиков, биологов, химиков, экономистов и ученых других специальностей. Конкретные цели и методика этих исследований весьма интенсивно развиваются и уточняются. Этим комплексным исследованиям присуща общая черта — в них широко используется моделирование, получившее в кибернетике дальнейшее развитие и усовершенствование.

Одной из величайших заслуг кибернетики перед современным научным познанием является разработка метода исследования сложных динамических систем, под которыми понимаются развивающиеся во времени объекты, состоящие из большого числа взаимосвязанных элементов. Чтобы дать этому диалектико-материалистическое истолкование, рассмотрим общие черты и специфические особенности кибернетического метода моделей.

О сущности метода моделирования

Метод моделирования в ходе развития науки и техники прошел длительную и сложную эволюцию от первых применений в области строительного дела до современных абстрактно-логических моделей микрофизики и кибернетики.

Важный этап в развитии метода моделирования связан с творчеством И. Ньютона, исследовавшим в своих «Математических началах натуральной философии» условия подобия двух систем, одна из которых выступает в качестве модели другой — моделируемой системы.

Большое внимание разработке наглядных механических моделей электромагнитного поля уделил Д. К. Максвелл. Рассматривая электромагнитные явления по аналогии с несжимаемой жидкостью, Максвелл пытался наглядно представить себе законы притяжения и индуктивные действия магнитов и токов.

В дальнейшем развитии метода моделирования и в особенности его технических приложений исключительно большую роль сыграла теория подобия, раскрывающая связь

между изучаемым техническим устройством (или процессом) и его моделью.

Обратимся к примерам. Чтобы сконструировать самолет, инженеры не ограничиваются теоретическими расчетами. Для проверки расчетов и выявления каких-либо неучтенных факторов строят модель машины целиком или какой-либо ее части. Так, для нахождения наилучшей формы крыла самолета строят его модель и испытывают в аэродинамической трубе. Данные испытаний позволяют судить о действительном поведении самолета в воздухе. Подобным же образом поступают при проектировании новых гидростанций или электрических систем.

В чем же суть этого приема с гносеологической точки зрения? В процессе моделирования мы осуществляем опосредованное познание интересующего нас объекта. Мы строим модель и по ней судим о некоторых свойствах оригинала. Этот метод используется не только в производственной практике, но и в науке [1].

В теоретическом исследовании метод моделирования позволяет судить о новых, еще не изученных явлениях на основе аналогии с уже изученными процессами. Модель представляет собой форму связи старой теории с новой, возможную форму перехода от одной теории к другой, форму предварительного объяснения новых явлений, не охваченных старой теорией [1].

В современном естествознании метод моделирования приобретает существенно новые черты, он значительно видоизменяется и развивается. Тем не менее некоторые важные общие черты этого метода продолжают сохранять свою силу и для новых видов моделирования, в частности кибернетического.

Моделирование — это опосредованное практическое или теоретическое исследование объекта, при котором непосредственно изучается не сам интересующий нас объект, а некоторая вспомогательная искусственная или естественная система: а) находящаяся в некотором объективном соответствии с познаваемым объектом; б) способная замещать его в определенных отношениях и в) дающая при ее исследовании в конечном счете информацию о самом моделируемом объекте.

В этом определении выделяется основной момент, характерный именно для моделирования и отличающий его от дру-

---

[1] В последние годы в нашей литературе появился ряд работ, посвященных анализу гносеологических особенностей моделирования. См. книгу В. А. Штоффа «О роли моделей в познании», изд. ЛГУ, 1963, статьи в журнале «Вопросы философии»: В. А. Штоффа «Гносеологические функции модели» (№ 12, 1961), А. А. Зиновьева и И. И. Ревзина «Логическая модель как средство научного исследования» (№ 1, 1960), И. Т. Фролова «Гносеологические проблемы моделирования биологических систем» (№ 2, 1961), А. И. Уемова «Аналогия и модель» (№ 3, 1962), В. М. Глушкова «Гносеологическая природа информационного моделирования» (№ 10, 1963).

гих приемов познания, — в процессе моделирования познание как бы временно переключается от интересующего нас объекта на исследование некоторого вспомогательного объекта (модели).

Измерения, полученные на моделях, дают возможность избежать ряда ошибок в натуре и значительных материальных затрат. Еще более перспективным представляется математическое моделирование, когда электронно-вычислительная машина без дополнительных средств на постройку и испытание модели — агрегата вычисляет соответствующие характеристики той или иной системы. В первом примере с крылом самолета моделью служила материальная вещь, во втором — некоторая схема процесса, которая в самом общем виде может быть определена как знаковая система.

Это разделение моделей на два типа — вещественные и знаковые — справедливо для всех форм моделирования, в том числе (как мы покажем далее) и для кибернетического.

Благодаря теории подобия мы можем определить условия, которые должны соблюдаться в опытах с моделями, и выделить характерные и удобные параметры, определяющие основные эффекты и режимы изучаемых процессов. При этом необходимо обратить внимание на одно важное обстоятельство: в большинстве случаев моделирование основано на рассмотрении физически подобных явлений.

Действительно, физическая природа, например, движения самолета в воздухе одинакова с природой его поведения в аэродинамической трубе: и в натуре и в модели мы имеем дело с аэродинамическими процессами.

Сделаем вывод: модели, как вещественные, так и знаковые, способны на некоторых этапах познания замещать оригиналы благодаря своей объективной общности с последними. Для вещественных моделей эта объективная общность обычно связана с одинаковой физической природой модели и оригинала.

Естественно поставить вопрос: как развиваются эти общие особенности моделирования применительно к методу моделей в кибернетике? Чтобы ответить на него, обратимся к некоторым существенным в методологическом отношении особенностям процесса формирования этой науки.

Возникновение кибернетики было связано с усилившейся тенденцией синтеза достижений различных научных дисциплин. Один из основателей кибернетики, американский ученый Н. Винер, пришел к выводу, что все возрастающая специализация естественных наук таит в себе опасность обособления различных областей естествознания друг от друга. Но в условиях нарастающего дробления научных знаний наиболее значительные открытия делаются как раз на стыках между науками. «Именно такие пограничные области науки откры-

вают перед надлежаще подготовленным исследователем богатейшие возможности»,[1] — писал Н. Винер.

Эту же идею Ф. Энгельс сформулировал еще в прошлом веке. В «Диалектике природы» он подчеркивал, что именно в местах соприкосновения наук надо ожидать наибольших результатов [2].

Мы видим здесь существенное совпадение. Оно, конечно, не случайно. Сама логика развития науки приводит крупных естествоиспытателей, независимо от их философских позиций, к стихийному признанию диалектико-материалистических идей. Положению о перспективности пограничных областей между существующими отраслями науки Н. Винер придавал принципиальное значение и сделал методологический вывод о важности анализа той области научной работы, которая исследуется с разных сторон чистой математикой, статистикой, электротехникой и нейрофизиологией» [3]. Именно такой областью и явилась кибернетика.

Отмеченные выше методологические предпосылки возникновения кибернетики дополняются у Н. Винера идеей определенной общности работы механизма и функционирования организмов и человека. Это одна из центральных идей кибернетики.

Подлинно научное обоснование такой общности дает лишь диалектико-материалистическая философия в учении о материальном единстве мира. У Винера же мы видим стихийную убежденность в познаваемости всех явлений действительности, в том числе и психических. Материалистическая направленность кибернетики, помогающая глубже исследовать психические процессы, пугает идеалистов. Поэтому-то они и призывают выступить против «учения авангардистской техники, называемого кибернетикой» [4]. Объясняется это прежде всего тем, что достижения кибернетики подтверждают материалистический тезис о единстве живой и неживой материи, физического и психического.

Идея общности живых и неживых систем лежит в основе кибернетических моделей. По существу кибернетика формировалась как научная дисциплина, занимающаяся моделированием биологических и психических процессов.

Сам факт практического построения в кибернетике некоторых технических моделей живых систем подтверждает материалистическую идею общности материальной природы,

[1] Кибернетика или управление и связь в животном и машине. М., «Советское радио», 1958, стр. 13.

[2] См. Ф. Энгельс. Диалектика природы. М., Госполитиздат, 1955, стр. 235.

[3] Н. Винер. Там же. Стр. 12.

[4] E. Wasmuth. Der Mensch und die Denkmaschinen. Köln—Olten. 1955, s. 9.

показывает, что в живом нет ничего принципиально недоступного человеческому разуму. И даже несовершенные еще сегодня технические модели живого — это ростки нового расцвета исследований живого, свидетельство и залог того, что в недалеком будущем наука раскроет сущность жизни.

Ниже мы рассмотрим основные разновидности кибернетического моделирования. Их две: 1) моделирование как конструирование реально функционирующих вещественных агрегатов и 2) моделирование как построение логико-математических моделей. Отсюда и два основных типа кибернетических моделей — агрегатные, вещественно-технические и абстрактные, логико-математические.

Разработка этих двух типов моделей началась вместе с возникновением кибернетики, что нашло отражение уже в исходных классических трудах американских ученых Н. Винера и А. Розенблюта, У. Маккаллока и В. Питтса.

Так, У. Маккаллок предложил проект искусственного «глаза», дающего возможность слепым «читать» текст при помощи звуков. Световой луч фотоэлементной системы, пересекая контуры буквы, вызывает электрические импульсы, подаваемые в наушник или репродуктор, благодаря чему можно слышать сигнал, соответствующий букве, которую «прочитывает» прибор. В этом электронном агрегате выражены некоторые стороны живой системы. После построения такого электронного прибора один физиолог обратил внимание на то обстоятельство, что определенная структура элементов данного агрегата повторяет структуру зрительного участка коры головного мозга. Прибор «слухового зрения» выступал в качестве технической модели органа зрения. Но эта модель по своему вещественному содержанию (электронные элементы) качественно отличается от моделируемого объекта (совокупности живых клеток в органе зрения).

Техническая кибернетическая модель из электронных ламп, полупроводниковых элементов и т. п. и моделируемый биологический объект относятся к разным формам движения материи. Это первое, на что нельзя не обратить внимания. Вполне очевидно, что «мышь» Шеннона, ищущая в лабиринте кратчайший путь к «салу», прикоснувшись к которому она сможет возобновить запас электрического питания, относится к иной форме движения, чем сам моделируемый объект. Точно так же знаменитая черепаха Грея Уолтера не несет яйца, как живая черепаха.

Идея разнородности модели и моделируемого объекта не нова, она существовала в разработках теоретической физики. Таковы силовые линии электромагнитного поля и их максвелловские модели в виде трубок с особой несжимаемой жидкостью. Разнородны тяжелое ядро и его модель в виде капли жидкости, представленная Н. Бором и Я. Френкелем.

Качественно разнородны также ядерные процессы и их оптические модели. Однако и оптические, и гидродинамические, и ядерные, и электрические модели относятся к одной и той же физической форме движения материи. Кибернетика же развивает моделирование в разных формах движения.

Какой же гносеологический вывод вытекает из данного тезиса? Как мы говорили выше, в докибернетический период объективная общность модели и моделируемого объекта связывалась с их определенной качественной однородностью. Очевидно, такая общность с моделируемым объектом по линии вещественного содержания не присуща кибернетическим моделям. В чем же тогда заключается общность кибернетической модели и оригинала?

Функциональная природа кибернетического моделирования

Вернемся к прибору «слухового зрения». Нетрудно заметить, что это электронное устройство, подобно «живому» глазу, позволяет видеть предметы внешней среды, получать из нее определенную информацию. Следовательно, эта электронная модель обладает общностью функций с органом зрения. В этом выводе мы находим ответ на вопрос: в чем заключается общность модели и оригинала в кибернетическом моделировании? При этом важно отметить, что сам механизм зрительного процесса в рассматриваемом электронном устройстве иной, чем в органах зрения животных.

Разберем теперь другой пример. Несколько лет назад в нашей стране был сконструирован прибор для регистрации приближающегося шторма. Он получил название «ухо медузы». Название это не случайное. Уже давно было замечено, что орган слуха медузы реагирует на ультразвуки низкой частоты и фиксирует приближение шторма на самом раннем этапе. Сконструированный по этому принципу прибор указывает на приближение шторма задолго до того как стрелка барометра начнет смещаться к делению «буря».

Мы видим существенное различие между электронным прибором У. Маккаллока и «ухом медузы». Оно заключается в том, что в первом приборе подобие функций достигается на базе иного, чем в органе чувств, структурного механизма, а во втором — подобие функций (чуткость к приближению шторма) связывается со сходством внутренних структур модели и оригинала (восприятие ультразвуков низкой частоты).

Сейчас успешно развивается специальное научное направление занимающееся модельным воспроизведением в технике

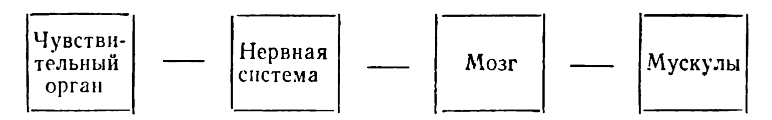
функций раскрытых структур живых систем. Это научное направление получило название бионики.

Показательный пример бионической модели связан с работами американской фирмы «Дженерал электрик», а также японскими исследованиями, в которых изучался орган зрения рачкообразного мечехвоста (лимулюса).

У глаз мечехвоста есть уникальная способность усиливать контраст между краями видимого объекта и фоном изображения. На основе исследований внутренней структуры этой способности были предприняты попытки построить электронный прибор, имитирующий орган зрения мечехвоста, для использования в телевизионной камере с целью повысить контрастность изображения.

Говоря о моделях, построенных на разгадке внутренних структур некоторых функций живых систем, нельзя упускать из вида их ограниченности. У этого вида моделирования, конечно, большие перспективы. Однако абсолютизация моделей, основанных на подражании природе, могла бы дезориентировать творческие усилия конструкторов новых установок. И правильно заметил академик М. В. Келдыш, что наибольших успехов человек добивался тогда, когда он не подражал природе, а шел своим путем.

Не подражание природе, а свои специфические конструкции в целом преобладают в технике. Это можно видеть и в схемах роботов — технических устройств, внешне похожих на живые организмы. Так, голландский исследователь А. Х. Бруинсма по аналогии с живыми организмами выделяет «основные элементы робота»:



При этом А. Х. Бруинсма подчеркивает, что хотя теоретически подобная аналогия правомерна, но в действительности электронные органы функционируют иначе, чем эквивалентные им органы живого организма.

Часто при конструировании робота буквальное воспроизведение даже простых животных функций оказывается или практически невозможным или нецелесообразным потому, что в технике созданы более производительные устройства, осуществляющие эту же функцию. Например, при создании робота собаки пришлось отказаться от воспроизведения биологического способа передвижения с помощью ног и обратиться к открытому человеком средству — снабдить робота колесами.

Технические, искусственные, внесенные в мир человеком

средства оказываются весьма часто лучше созданных самой природой. Но дело не только в этом. Очень часто структура некоторой способности живых систем становилась ясной лишь после того, как эту способность воспроизводили технически. Широко известны, например, опыты Спаланцани над летучими мышами. Но природа их способности огибать препятствия без помощи зрения прояснилась после конструирования радиолокатора. Функциональное моделирование перспективно, но оно не ставит под сомнение и перспективность ряда конкретных работ по воспроизведению структуры живых систем.

Итак, мы отметили два типа моделей, обладающих сходством функций с живыми системами: в первом типе сходство функций модели и оригинала основано на сходстве структур (бионические модели), во втором сходство функций осуществляется при иных внутренних структурах (кибернетические модели).

Логическая схема построения моделей первого типа основана на том, что сначала мы раскрываем структуру некоторой способности живой системы, а затем технически воспроизводим ее. Естественно, что при этом мы получаем искусственный агрегат, обладающий искомой способностью (в нашем примере — это чуткость к приближению шторма). В бионическом моделировании идут от раскрытия структуры живого оригинала к техническому воспроизведению искомой функции в искусственном агрегате (модели). Эта операция опирается на принцип однозначной зависимости определенной функции от известной исследователю структуры. Иначе говоря, это путь от структуры к функции.

В собственно кибернетическом моделировании используется иной путь: от функции живой системы (с неполно описанной внутренней структурой) к ее искусственному моделированию, не обязательно на базе той же самой структуры. Например, функция «летать», осуществляемая у птиц с помощью крыльев, может воспроизводиться и на базе неизвестной у птиц структуры движителя — пропеллера.

В кибернетическом моделировании опираются на принцип неоднозначной, нежесткой статистической связи функции и структуры (то есть одна и та же функция может соответствовать разным структурам), например функция летать осуществляется на базе машущих крыльев и на базе пропеллера. Здесь используется факт принадлежности данной исследуемой функции целому классу объектов, различных по характеру вещества и по внутренним связям. Мы получаем возможность сопоставлять функции разных объектов. Эта возможность двигаться в моделировании от функции к функции определяется тем, что одно и то же поведение (то есть развивающаяся во времени система функций) может быть реализовано различными внутренними структурными состояниями объектов.

Относительная самостоятельность функции по отношению к внутренней структуре объекта как раз и лежит в основе кибернетического моделирования. Эту относительную самостоятельность функции, конечно, нельзя трактовать таким образом, что якобы возможна функция вообще без соответствующей ей внутренней структуры, абсолютно оторванная от всякого реального объекта. Такой взгляд приводил бы по существу к идеализму, к извращенному взгляду на природу функций, якобы способных существовать самостоятельно, вне реальных материальных объектов. Функция в действительности может лишь служить характеристикой поведения объекта при взаимодействии с определенной средой.

Таким образом, собственно кибернетические модели развиваются не от раскрытия структуры к воспроизведению функций, а от функции к функции при отвлечении от полного описания вещественных субстратов и внутренних причинных структур моделируемых объектов. Образно говоря, путь кибернетического моделирования — это «путь самолета», а не «путь орнитоптера».

Кибернетическое моделирование предполагает два объекта — систему и среду. Но дело не только в этом. В ходе моделирования на базе двух объектов (системы и среды), структура которых изучена неполностью, мы строим третий промежуточный объект — систему функциональных связей системы и среды, которую можно раскрыть с необходимой для данной задачи полнотой. Эта система функциональных связей обладает объективным, относительно самостоятельным существованием.

Возможность функционально-информационного моделирования определяется двумя объективными обстоятельствами — **относительной самостоятельностью функции от структуры и относительной самостоятельностью поведения системы от ее собственной структуры и структуры среды.**

С данными обстоятельствами неразрывно связаны и важнейшие задачи кибернетического моделирования, заключающиеся в управлении сложно-динамическими системами. При этом функция может рассматриваться как прерывный элемент поведения объекта, характеризующий его состояние в данный момент. В соответствии с этим специфическим предметом и задачей кибернетического моделирования его можно назвать **функциональным.** Для моделей кибернетики характерен подход, при котором развитие системы рассматривается главным образом под углом зрения ее функционального уравновешивания со средой на базе механизма обратных связей[1].

---

[1] Обратная связь — механизм сопоставления поведения системы с действительным выполнением команд.

Акцентируя внимание на внешних функциональных связях системы со средой, кибернетика во главу угла ставит динамическое уравновешивание системы с меняющейся средой (такое уравновешивание носит название «гомеостазис»). Гомеостатический подход к сложным системам правомерен именно в силу того, что в реальном мире существуют соответствующие этому подходу объективные процессы. Такими процессами, определяющими механизм уравновешивания системы и среды, являются информационные процессы и процессы управления.

Специфика кибернетических моделей заключается именно в том, что они характеризуют объекты под углом зрения информационных процессов и процессов управления. Наличие в самой действительности этих процессов и служит материальной основой функционального кибернетического моделирования. Это обстоятельство опровергает попытки идеалистического толкования кибернетических моделей.

Для функционального метода кибернетики характерна модель «черного ящика», когда внутреннее содержание системы неизвестно, а описание ее поведения в меняющейся среде связывается с двумя группами параметров — «входа» (информация из среды) и «выхода» (реакция системы). «Выход рассматривается как функции «входа». При этом сама зависимость выхода от входа может в общем случае обнаруживаться чисто эмпирическим статистическим путем, методом «проб и ошибок» (случайным перебором вариантов).

Кибернетика разрабатывает модели управления, в которых с помощью электронных машин подбираются параметры входа, позволяющие поддерживать заданное значение выхода. При этом электронные машины, осуществляющие подбор параметров входа и сопоставление их с параметром выхода системы, воспроизводят одну из возможных структур из того класса, к которому принадлежит и структура самой системы. В этом смысле сама кибернетическая управляющая машина выступает в качестве своеобразной модели управляемой системы, для которой подбираются соответствующие параметры входа и выхода.

Функциональность кибернетического моделирования весьма отчетливо может быть описана в терминах так называемой «теории игр». Теория игр — это новая научная дисциплина, представляющая реальные процессы в виде взаимодействия двух или нескольких участвующих в процессе сторон («игроков») и рассчитывающая на основе теории вероятностей характер течения процесса («конфликтные ситуации»), когда известна некоторая информация о поведении («ходах») сторон. В основе теории игр лежит модель «конфликтной ситуации», характеризующая некоторые стороны реальной действительности под углом функциональных связей систем. С помощью методов теории игр сейчас предпринимаются, на-

пример, расчеты экономических и технологических процессов.

На основе представлений теории игр можно обнаружить необходимость функционального подхода и в тех случаях, когда анализируются связь и природа элементов самой системы. Дело в том, что в конечном итоге кибернетическая модель направлена не на систему саму по себе, а на возможно более полное описание «игры» двух автоматов, один из которых представляет собой систему автоматического управления (САУ), то есть комплексную систему, состоящую из управляемой и управляющей подсистем, а второй — среду.

Модельное упрощение сложных динамических систем на основе функционального подхода могло в принципе осуществляться и до кибернетики. Но именно в эпоху кибернетики функциональные связи представляют в абстрактной (то есть отвлекающейся от вещественного содержания объекта) обобщенной форме и подвергают их математической обработке на базе новейших средств теории управления.

Разберем это на таком примере. Допустим, у нас имеется некоторый объект *А*, структура которого полностью нам неизвестна. Перед нами встает задача смоделировать некоторые функции этого объекта, отвлекаясь от характера вещества и внутренних связей и отношений модели и моделируемого объекта. В данном случае не требуется обязательное совпадение вещества и внутренних связей модели и оригинала.

Уже в самой постановке задачи с самого начала содержится элемент абстрагирования. Если, например, речь идет о нейроне, то его способность «находиться в одном из двух состояний — возбужденном или невозбужденном» абстрактно выражается в форме действовать по принципу «все или ничего». Тем самым реальный нейрон как бы выступает просто в форме некоторого элемента множества всех предметов, способных действовать по тому же принципу «все или ничего».

Абстрактная функциональная кибернетическая модель может выражаться в форме некоторой протокольной записи соответствующих состояний входов и выходов системы. Такая протокольная запись может быть представлена в виде некоторого вектора двух измерений, одна составляющая которого характеризует параметры входа, а другая составляющая — соответствующие параметры выхода системы. Установив общую схему таких зависимостей входов и выходов системы, мы можем поставить и разрешить задачу отыскания наиболее оптимальной из этих зависимостей (нахождение оптимальной линии управления). Вполне очевидно, что без применения электронно-вычислительных машин с их колоссальным быстродействием, безынерционностью, запасом памяти практическое значение таких протокольных записей было бы совершенно незначительным. Человек попросту не смог бы охватить в своем сознании все множество функциональных зависимостей

системы от меняющейся среды. Для человека был возможен ранее лишь один выход — найти последовательную теорию, раскрывающую общий закон поведения данной системы.

Иное дело, когда мы используем электронную машину, способную на базе анализа функциональных цепей давать вероятностные прогнозы поведения системы и оптимизировать управление ею. Мы видим, что благодаря своему функциональному характеру кибернетический подход резко увеличивает действенность информационного моделирования, позволяющего осуществлять оптимальное управление системой еще до полного раскрытия ее структуры.

Существо специфики кибернетического моделирования заключается таким образом в функциональности, в единстве этого подхода и оптимизации как средства наилучшего управления системой. Технической предпосылкой такого моделирования сложно-динамических систем явились быстродействующие электронные машины, решающие многие задачи управления процессом за приемлемый отрезок времени. Только электронные машины позволили в известных пределах преодолеть ограничение, образно выраженное в афоризме: «Вычислить погоду на завтра можно точно, но для этого нужен месяц». Теоретическую же основу абстрактно-логических моделей кибернетики составляет так называемая математическая кибернетика, занимающаяся в первую очередь задачами отыскания математических моделей оптимизации управления.

Кибернетико-функциональный подход связан с важной тенденцией формализации современного научного знания. Такая формализация раскрывает новые возможности для расширения применения математических приемов в сфере различных научных дисциплин. При таком подходе само понятие научного описания развивается в связи с возрастанием роли функционального метода в науке. Этот подход позволяет единым, имеющим объективную основу методом описывать системы, весьма далекие по своей вещественной структуре.

Забвение объективной основы функционального метода ведет к методологическим ошибкам в оценке достижений кибернетики. Так, в работах английского ученого У. Эшби глубокие теоретические и практические результаты сочетаются с нечеткими философскими выводами, по существу ведущими к элементам субъективизма.

Разбирая известный пример, когда воздух обтекает крыло при определенной скорости, по такому же контуру электрический ток обтекает непроводник такого же профиля, как крыло. У. Эшби в своей работе «Введение в кибернетику» делает справедливый и весьма интересный вывод: кибернетика относится к машинам так же, как геометрия к объектам в пространстве. Но, абсолютизируя относительную независимость

формы от содержания, У. Эшби приходит к крайностям, к неверному, на наш взгляд, тезису: «Материальность не имеет для нее (кибернетики. — *И. Н.)* значения, равно как и соблюдение или несоблюдение обычных законов физики».

Здесь мы видим проявление одной из форм раскрытой Лениным особенности познавательного процесса — абсолютизация одной черточки сложного процесса познания может привести к идеализму. Тот факт, что кибернетике свойствен абстрактный подход, вовсе не означает, что для нее не важна материальность.

Вторая группа ошибочных выводов У. Эшби связана с абсолютизацией модели «черного ящика». Распространяя модель «черного ящика» за пределы ее действительной применимости, пытаясь представить ее в качестве универсальной модели, преувеличивая ее роль в познании, не учитывая, что такого рода модель есть лишь момент в диалектическом познавательном процессе, У. Эшби приходит к ошибочным методологическим выводам. Так, он полагает: поскольку любая сложная динамическая система представляет собой совокупность бесконечного числа свойств, постольку полное познание ее невозможно, и удел человека довольствоваться «половинными истинами».

Говоря об элементах абсолютизации модели «черного ящика» У. Эшби, следует еще раз подчеркнуть, что в известных пределах мы можем в процессе познания отвлекаться от внутренней структуры объекта. Но мы не можем его материальное содержание вообще предать забвению. В действительности сходство некоторых функций предметов выражает их некоторую объективную общность.

Касаясь методологической характеристики кибернетического моделирования, необходимо показать его противоположность махистскому пониманию функциональных связей системы и среды. Махисты свое субъективистское понимание функциональных связей резко противопоставляют причинности. Ленин подверг их взгляды решительной критике.

Попытки отождествить функциональный подход кибернетики с махистской трактовкой функциональных связей системы и среды совершенно не имеют под собой почвы: для махистской трактовки функциональных связей характерны два обстоятельства. С точки зрения махизма функциональные связи по своей природе субъективны и представляют собой форму некоторой систематизации потока ощущений познающего субъекта. Будучи агностической философией, эмпириокритицизм настаивает на принципиальной непознаваемости тех внутренних причинных зависимостей, которые лежат в основе внешних функциональных связей. Полную противоположность этому составляет кибернетический подход, который в его рациональной диалектико-материалистической

трактовке исходит из непреложного признания объективности, независимости от сознания субъекта внешних функциональных связей системы со средой. Внутренние причинные механизмы моделируемых объектов, которые сегодня нам еще не известны и от которых мы вынуждены временно отвлекаться, существуют объективно и будут впоследствии познаны.

Признание объективности функциональных связей выбивает почву из-под неопозитивистской фальсификации функционального подхода.

Раскрывая несостоятельность махистского противопоставления субъективистски трактуемых функциональных связей объективной причинности, В. И. Ленин в своем труде «Материализм и эмпириокритицизм» писал: «Действительно важный теоретико-познавательный вопрос, разделяющий философские направления, состоит не в том, какой степени точности достигли наши описания причинных связей и могут ли эти описания быть выражены в точной математической формуле,— а в том, является ли источником нашего познания этих связей объективная закономерность природы, или свойства нашего ума, присущая ему способность познавать известные априорные истины и т. п. Вот что бесповоротно отделяет материалистов Фейербаха, Маркса и Энгельса от агностиков (юмистов) Авенариуса и Маха» [1].

В действительности функциональный подход в диалектико-материалистической трактовке ни в коей мере не может пониматься как подход исключающий, причинный. Анализ функциональных связей, так же как и всякая форма научного познания, имеет, конечно, дело с причинностью. Но в функциональном подходе раскрывается внешняя причинность, с тем чтобы в ходе дальнейшего развития процесса познания перейти к характеристике структуры внутренних причинно-следственных отношений моделируемого объекта.

Здесь мы подходим еще к одному решающему водоразделу диалектико-материалистического и идеалистических воззрений на функциональный подход к явлениям. Дело в том, что для субъективистских разновидностей идеализма познание внешних функциональных связей есть разовый акт, непосредственно раскрывающий нам конечную цель познания.

В противоположность различным разновидностям идеализма диалектический материализм показывает не только объективность функциональных связей системы и среды, но также возможность и необходимость развития познания от раскрытия функциональных отношений к раскрытию внутренних причинных механизмов и структур объектов. Эта всеобщая закономерность познавательного процесса обнаруживается и в кибернетическом моделировании.

---

[1] В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 164.

Объективная природа кибернетического моделирования (как и всякого познавательного приема) наиболее полно раскрывается на основе анализа его практического применения. Кибернетическое моделирование живых систем имеет место в конструктировании приборов, обладающих некоторым функциональным сходством с последними. Выделяют три класса таких устройств: основанные на использовании информации, отводимой от организма (биологическое управление); предназначенные для ввода управляющей информации в живые организмы (биологические стимуляторы); заменяющие отдельные органы или функциональные системы организма и имеющие автономную систему управления (функциональное протезирование).

Все эти устройства имеют элементы, свойственные системам автоматического регулирования; управляющее звено, управляемый объект и цепь обратной связи с измерительным прибором.

В устройствах, управляемых от живого организма, объектом управления служит гидро-пневмо- или электропривод. Примеры таких устройств — это использующая биотоки организма «искусственная» рука (В. С. Гурфинкель и А. Кобринский с соавторами). К этому же типу приборов относится система биоточного управления аппаратом искусственного дыхания, предложенная В. А. Полянцевым в лаборатории П. К. Анохина.

Эта система представляет значительный методологический интерес для понимания перспектив развития кибернетического моделирования, для выяснения путей конструирования монтируемых с живым организмом технических средств биологического управления.

Несколько подробнее остановимся на этой работе. В. А. Полянцевым была сконструирована саморегулирующаяся система дыхания, в которой нервный дыхательный центр живого организма передавал управляющие импульсы не дыхательному мышечному аппарату, а специально построенному электронному преобразователю нервных импульсов. Этот преобразователь передавал управляющую информацию аппарату искусственного дыхания. При работе исследовались возможности сопоставления в нервном дыхательном центре управляющих командных импульсов, посылаемых в результате анализа потребности организма в воздухе, и действительного исполнения этих команд. С точки зрения теории познания в этих исследованиях было характерным соединение в одну саморегулируемую систему нервного дыхательного центра и аппарата искусственного дыхания, взятого в качестве исполнительного органа.

Практический интерес представляет автономный стимулятор сердечной деятельности, «вживаемый» в грудную клет-

ку и непрерывно управляющий ритмом сердечных сокращений в течение 3—5 лет. Разработан также автостимулятор — электронный мостик, снимающий и усиливающий биотоки предсердий и использующий эти стимулы для управления работой желудочков. Функциональные протезы — искуственные управляющие устройства и искусственные исполнители, моделирующие изученный физиологический процесс, например, аппараты «сердце—легкие», «искусственная почка».

Освоенное на практике соединение электронной системы с живым организмом в целостной самоуправляющейся системе служит подтверждением материализма, опровергает виталистические представления о якобы неуловимой таинственной силе, принципиально отгораживающей живое от неживого. В то же время показательно, что церковники выступают против такого рода протезов, на том основании, что у людей, жизнедеятельность которых не возможна без искусственного органа, «душа» якобы все равно «отлетела» от тела.

Для разработки технических приложений кибернетического модельного эксперимента показательны работы по автоматизации регулирования толщины стальной полосы в многоклетьевом стане холодной прокатки. Толщина прокатываемой стальной полосы зависит от такого большого числа параметров, что до последнего времени не удавалось выделить наиболее существенные из них.

С помощью же электронной модели удалось установить, что наиболее целесообразно толщину листа регулировать или изменением раствора валков первой клети или изменением скорости вращения валков последней клети [1].

В этом примере мы видим: сначала экспериментальным путем проводится **содержательный** анализ параметров управляемой системы (прокатного стана). А когда исходная информация о характере качественных зависимостей системы получена, можно строить формализованную кибернетическую модель для количественного расчета оптимального управления системой. Таким образом, **формализованная кибернетическая модель строится на базе некоторой содержательной исходной информации.** Это положение служит важным подтверждением идеи диалектического материализма об органическом **единстве формализованных и содержательных приемов исследования объектов реального мира.**

Выше мы связали объективную природу кибернетического моделирования с определенной общностью модели и оригинала. Теперь мы охарактеризуем природу этой общности на основе понятия и з о м о р ф и з м а. С точки зрения изоморфизма, модель и оригинал можно рассматривать как две системы

---

[1] См. С. А. Догановский. Автоматические самонастраивающиеся системы. Изд. «Знание». М., 1961.

объектов с заданными в них операциями над объектами. Две системы считаются изоморфными в том случае, если элементы одной системы находятся во взаимно-однозначном соответствии с элементами другой и если существует взаимно-однозначное соответствие между операциями, определяющими способ перехода от одного элемента к другому в каждой системе. Изоморфные системы характеризуются одинаковой математической структурой и поэтому могут в известных условиях заменять друг друга. Так, например, арифметика действительных чисел изоморфна эвклидовой геометрии. Вот почему вместо геометрического построения в аналитической геометрии задачи решаются с помощью вычислений.

С помощью понятия «изоморфизм» удается обобщить идею объективного сходства модели и моделируемого объекта. В изоморфных системах предметом этого сходства могут служить не вещественное содержание, а отношения элементов, выражаемые соответствующими операциями. Непонимание того, что тезис об объективном сходстве модели и моделируемого объекта выступает в виде требования изоморфизма отношений, приводит к ошибочным представлениям, согласно которым модель вообще может быть неизоморфна моделируемому объекту. Это ведет к субъективизму в понимании моделирования.

В кибернетическом моделировании идея изоморфизма отношений развивается и связывается с идеей гомоморфизма. Гомоморфизм имеет место, когда несколько элементов одного множества (представляющего моделируемый объект) отображается одним элементом другого множества (характеризующего модель).

У. Эшби, подчеркивая принципиальное значение гомоморфизма для кибернетического моделирования, отмечает, что в последнем модель может характеризовать не весь объект, а его некоторую часть. Например, так называемые частные «думающие» машины гомоморфны мозгу, поскольку они моделируют отдельные стороны мыслительной деятельности.

Итак, в кибернетике модель может быть не изоморфной, а гомоморфной моделируемому объекту. Гомоморфность кибернетических моделей объекту показывает наглядно, что раскрытие объективной истины не разовый акт, а диалектический процесс, что нет никаких оснований для субъективистской трактовки этого процесса. Напротив, каждый конкретный «срез» с действительности носит объективный характер.

В основе кибернетического моделирования, как отмечалось, лежит сходство функциональных связей модели и моделируемого объекта. Для обозначения такого вида объективного сходства модели и моделируемого объекта введен термин **изофункционализм**. Другими словами, это изоморфизм внешних функциональных связей модели и моделируе-

мого объекта со средой (при условии необязательного тождества их вещественных субстратов и внутренних отношений).

Изофункциональность, конечно, недопустимо смешивать с тождеством явлений. Так, у автомата нет собственных целей, он не обладает эмоциями. Но можно снабдить робот такими способностями, которые будут изофункциональны настоящим эмоциям.

Так, в описанном А. Х. Бруинсма роботе для игры в «крестики и нолики», тот или иной результат игры был связан с особыми звукоподражающими приспособлениями. При ничьей (при правильных ходах партнеров игра всегда заканчивается вничью) робот молчит, при проигрыше (в случае специального задания проиграть) издает ворчливый звук, при выигрыше — победный крик. Крики робота воспринимаются нами как подобие эмоций, потому что они скопированы у соответствующих животных и по воле человека вложены в безразличную к этим звукам машину.

В этой связи показателен анекдотический случай, произошедший в одной из научно-исследовательских лабораторий компании «Дженерал моторс» в Чикаго. Весьма совершенная электронная установка во время работы вдруг начинала совершать массу ошибок, причем это происходило каждый раз, когда мимо проходила секретарша. Казалось, что электронной системе присуще свойство влюбляться и «терять из-за этого голову». Но в конце концов все оказалось совсем не таким романтическим: просто краска, которую девушка накладывала себе на лицо, искажала чувствительность фотоэлемента машины.

Таким образом из факта некоторого внешнего сходства, определенных, заранее внесенных в техническое устройство функций с аналогичными способностями живых систем (в данном примере с эмоциями) было бы совершенно неправильно делать вывод, что кибернетические машины обладают эмоциями.

В таком же плане вопрос ставится не только при исследовании эмоций, но и при рассмотрении мышления. На том основании, что электронно-вычислительная машина считает (то есть осуществляет функцию, свойственную мыслящему существу), было бы неверно делать вывод, что машина мыслит. Здесь необходим более глубокий анализ поведения как более совершенных машин, внешнее же отождествление похожих операций человека и кибернетической машины не доказательно.

Модели и первого и второго типов (то есть и вещественные и логико-математические), упоминавшиеся в начале данной брошюры, оказываются изофункциональными моделируемым объектам.

Положение об обязательном объективном соответствии

модели и моделируемого объекта оказывается весьма важным для понимания природы информационного моделирования. Академик АН УССР В. М. Глушков в статье «Гносеологическая природа информационного моделирования»[1] определяет такого рода модели как фиксацию того или иного уровня познания исследуемого объекта, позволяющего описывать не только его строение, но и предсказывать (с той или иной степенью приближения) его поведение. Такая модель представляет собой, так сказать, информационный слепок объекта — оригинала на данном уровне его познания. Вполне понятно, что с ростом наших знаний информационная модель объекта получает развитие.

Однако, есть еще одна, пожалуй, более важная для нашего изложения сторона информационной модели. Такая модель всегда фиксируется в обычном или кодированном языке, выраженном словами или системой некоторых символов — кодом, который можно вводить в электронную машину. Обычно для этой цели используют двоичную числовую систему, содержащую только два символа — 0 и 1. Средствами такого формализованного, казалось бы, «бедного», кода можно смоделировать содержательные языки. Так, различными сочетаниями символов (0 и 1) можно выразить весь русский алфавит. Вот, например, как может выглядеть это кодирование русского алфавита[2].

А=00000	Ж=00110	О=01101	Х=10100	Ю=11010
Б=00001	З=00111	П=01110	Ц=10101	Я=11011
В=00010	И=01000	Р=01111	Ч=10110	Й=11100
Г=00011	К=01001	С=10000	Ш=10111	Ь=11101
Д=00100	Л=01010	Т=10001	Ш=11000	Ъ=11110
Е=00101	М=01011	У=10010	Ы=11001	Э=11111
	Н=01100	Ф=10011		

Символы 0 и 1 вводятся в электронную машину с помощью особых карточек или ленты с отверстиями в определенных местах. Отверстие в карточке или ленте или отсутствие отверстия — это и есть символы 0 и 1.

Можно применить еще более простую систему кодирования — обозначать буквы числами, соответствующими порядковым номером букв русского алфавита. Тогда, например, слово: «дом» запишется 051412, где Д—5-я буква, О—14-я, М—12-я. Конечно, если в канале связи или в электронной машине не будет обеспечена надежность в передаче символов, то знаковая модель может полностью исказиться.

Непременным условием реальной значимости передаваемой информационной модели является требование сохранения

[1] В. М. Глушков. Гносеологическая природа информационного моделирования. «Вопросы философии» № 10, 1953.

[2] См. Н. Кобринский, В. Пекелис. Быстрее мысли. М., 1963, стр. 149.

ею (несмотря на известные ее преобразования в процессе передачи и перекодирования) изоморфности исходному событию, фиксированному в модели. Н. Винер подчеркивает, что сигнал выступает в форме модели. Но важно отметить и способность модели выступать в качестве сигнала. Способности информационной модели выступать в качестве закодированного, устойчивого к искажениям сигнала события принадлежит решающая роль в кибернетическом моделировании.

Диалектика функции и структуры в кибернетическом моделировании

Объективная диалектическая природа кибернетического моделирования связана, как отмечалось выше, с особенностями взаимоотношения функции и структуры (статистический характер зависимости функции от структуры и относительная самостоятельность функции от структуры).

Однако здесь есть еще одна важнейшая проблема. Это вопрос о диалектическом единстве функции и структуры в кибернетическом моделировании. Анализируя тезис материалистической диалектики о единстве функции и структуры, необходимо учитывать, что принципы марксистско-ленинской философии в то же время конкретизуются, развиваются в соответствии с накоплением знаний и практического опыта.

Эта творческая природа материалистической диалектики находит свое проявление и в кибернетическом моделировании. Для раскрытия единства функции и структуры в моделях кибернетики важно учитывать многоступенчатость процессов управления в живой системе. Регуляторную функцию в организме осуществляют и гормональные системы и ток крови, в свою очередь управляемые нервной системой. Нервная система уравновешивает изменения в среде с изменениями внутри организма. Управление на уровне всего организма связано с процессами регуляции на уровне клетки.

Так, в процессе дыхания структура нервных связей определяет функции мышц, управляющих движением грудной клетки, в свою очередь эти мышечные функции выступают в качестве структуры, определяющей функцию заполнения легких воздухом и насыщения крови кислородом, о чем поступает сигнал в нервную систему.

В живом организме имеет место замкнутая цепь структур и функций. Некоторая структура может выступать в качестве функции по отношению к более глубокой структуре организма. Следовательно, характеристика функций некоторого элемента живой системы может вести к раскрытию его структуры.

Например, путь перехода от анализа функций белков к раскрытию своеобразия их структур открывает очень интересные перспективы для создания искусственных белков, обладающих одновременно ферментативными, гормональными и иммунными свойствами. Здесь как бы осуществляется путь от синтеза функций к монтажу соответствующей синтетической белковой структуры.

В настоящее время проводится аналогия между такого рода работами и физическими исследованиями по полупроводникам, отмечается возможность создания не встречающихся в природе, «белковополупроводниковых» веществ, одновременно обладающих функциями ферментов и гормонов.

Развитие научного познания от функционального описания к раскрытию механизма жизненных процессов можно видеть в современных исследованиях наследственности и роли нуклеиновых кислот в синтезе белков в организме. Нуклеиновые кислоты были открыты более ста лет назад, но только в последние годы стала выясняться их роль в организме. Нуклеиновые кислоты (их называют полинуклеотидами) представляют собой цепочки особых структурных единиц — нуклеотидов.

Есть два типа нуклеиновых кислот. К первому типу относятся рибонуклеиновые кислоты — РНК (содержащие углеводорибозу). Рибонуклеиновые кислоты могут содержать от 32 до 200 нуклеотидов, имеют молекулярный вес от 10 до 300 тысяч. Ко второму типу относятся дезоксирибонуклеиновые кислоты ДНК (содержащие углевод — дезоксирибозу). Они могут содержать несколько тысяч нуклеотидов, иметь молекулярный вес от 500 тыс. до 3 млн.

Ныне известно, что белковые молекулы представляют собой цепочки аминокислот. Благодаря применению тонких генетических и биохимических методов в последние годы было показано, что последовательность аминокислот в белке находится в определенном соответствии с последовательностью нуклеотидов в ДНК.

В молекуле ДНК записана в закодированном виде последовательность аминокислот в синтезирующемся белке. Этот код ДНК удалось раскрыть. Оказалось, что аминокислоты белка записываются в виде троек нуклеотидов в молекуле ДНК. Раскодирование ДНК явилось важным достижением науки. Благодаря этому открытию удалось совершить переход от туманных представлений о роли клеточного ядра и хромосом к более конкретному пониманию механизма наследственности, а именно — наследственная информация из поколения в поколение передается кодом нуклеотидов ДНК.

Для характеристики кибернетического моделирования важно отметить, что раскодирование ДНК — это типично функциональное исследование. Чередование троек нуклеоти-

дов в молекуле ДНК — это как бы «вход» белоксинтезирующей системы, а последовательность аминокислот в молекуле белка — это «выход». Получается обычная функциональная схема: «выход» — F («входа»). Однако в дальнейшем это функциональное исследование дополняется раскрытием структурного механизма, связанного с действием особой разновидности РНК — информационной РНК. Это яркое свидетельство единства функционального и структурного методов исследования.

В ряде работ американских, английских и французских биохимиков почти одновременно и независимо друг от друга была открыта особая разновидность РНК — «информационная» РНК — синтезирующаяся на одной из цепей молекул ДНК. Затем информационная ДНК идет в рибосомы, где в свою очередь служит основой для образования полипептидной цепи белка. Получается схема ДНК — информационная РНК — белок. В этих исследованиях обнаруживается конкретный посредник, переносящий информацию от ДНК к белку.

Однако главный вопрос о структуре регуляции биосинтеза белка этой схемой не раскрывается, — в ней остается неясным, как ДНК в зависимости от потребности в белках передает информацию об усилении или затормаживании их синтеза. В последнее время французским ученым Жакобу и Моно удалось дать первоначальную характеристику структуры регуляции процесса биосинтеза белка. Развитие этого направления может иметь решающее значение для биологии. Оказалось, что в молекуле ДНК есть не только участки (цистроны), на которых записана структурная информация о последовательности аминокислот в белке, но и особые «регуляторные» участки: цистроны-регуляторы и цистроны-операторы. По-видимому, на этих регуляторных участках ДНК и синтезируется ранее неизвестная разновидность РНК — РНК-репрессор.

Благодаря этим открытиям биосинтез белка выступает в качестве некоторой циклической системы — «ядро-цитоплазма» с обратной связью, что соответствует представлениям кибернетики. В свете современных научных представлений можно изобразить общую модель регуляции биосинтеза белка. На цистроне-регуляторе синтезируется РНК-репрессор, которая направляется в протоплазму, чтобы разведать, какова там обстановка, есть ли потребность в синтезе белка. Если такая потребность есть, то РНК-репрессор, возвращаясь к ДНК, как бы включает цистрон-оператор, и он перестает сдерживать процесс синтеза информационной РНК. В результате образовавшаяся на структурном цистроне ДНК информационная РНК идет в рибосомы, где и осуществляется синтез белка до тех пор, пока РНК-репрессор не подает команду

цистрону-оператору, чтобы он прекратил в структурном цистроне синтез информационной РНК.

Получается примерно такая схема: в ДНК цистрон-регулятор синтезирует РНК-репрессор и посылает ее в протоплазму; впитавшая в себя каким-то образом информацию о состоянии протоплазмы РНК-репрессор дает команду цистрону-оператору включить на структурном цистроне ДНК механизм синтеза информационной РНК, которая в свою очередь передает в рибосому информацию о строении аминокислотной последовательности белка. Вся система клетки приобретает вид своеобразной кибернетической машины, которая далеко не исчерпывается структурными цистронами ДНК. Последние выполняют в этой «машине лишь роль блока памяти, в котором записано все, что может понадобиться клетке» «на все случаи жизни», а сами эти случаи формируются всем сложным комплексом внутренних и внешних условий.

Конечно, было бы ошибочным полагать, что механизм биосинтеза белка можно уже считать раскрытым. И как подчеркнул профессор А. С. Спирин в работе «Нуклеиновые кислоты и проблема биосинтеза белка», «главное еще не началось, а мы стоим лишь на пороге революции, она только начинается» [1].

В целом проблема регуляции биосинтеза белка не может быть решена средствами одной кибернетики. Для решения этой проблемы необходимо дальнейшее усовершенствование собственно генетических и биохимических содержательных приемов исследовния.

Мы видим, что развитие познания в этой важной области науки идет от первоначально еще несовершенных функциональных моделей процессов на клеточном уровне ко все более глубокому раскрытию их механизмов и структур. И хотя перед будущими структурно-субстратными биохимическими исследованиями современные кибернетические функциональные модели клеточных процессов, по-видимому, отступят на задний план, тем не менее творческая инициаторская роль этих методов исследования клеточного уровня материи останется непреходящим вкладом в развитие познания.

Сейчас не может подлежать сомнению, что изучение способов кодирования информации в молекуле ДНК не только дало толчок к развитию биохимической кибернетики, но повлекло за собой содержательное изучение генетических и биохимических аспектов синтеза белка. Функциональная природа кибернетического моделирования отнюдь не противоречит тому, что в кибернетических моделях находят выражение определенные стороны самой структуры объекта — оригинала. Напротив, функциональная модель выступает в качестве мо-

---

[1] Биологические аспекты кибернетики. М., изд-во АН СССР, 1962, стр 49.

мента на сложном диалектическом пути постижения структуры моделируемого объекта. В свою очередь более полное понимание структуры развивает представление о функциях. Бесконечное углубление в сущность объекта идет, таким образом, от функции к структуре, от нее к функции и т. д. Это важное выражение диалектики в кибернетическом моделировании.

Однако дело не только в этом. Существо диалектики функции и структуры в кибернетическом моделировании не исчерпывается тем обстоятельством, что сама функциональная модель характеризует частичку структуры объекта — оригинала. Для раскрытия диалектики функции и структуры определяющее значение имеет тенденция нарастания содержательного элемента в самом собственно кибернетическом исследовании. Необходимо подчеркнуть, что по мере усиления тенденции к единству функционального и содержательного аспектов кибернетического метода и в самой собственно кибернетической теории все более насущным делается развитие тех направлений, которые полнее учитывают элемент содержательности[1].

В результате сращивания формализованно-функционального подхода со структурно-содержательным функциональная система выступает в качестве некоторого «среза» действительности, захватывающего саму внутреннюю структуру как объекта, так и среды на определенную глубину, причем эта глубина возрастает в ходе развития научного познания.

На основе принципа диалектического единства функции и структуры в каждой функции «просвечивает» определенная сторона внутренней структуры объекта.

Из нашего рассмотрения вытекает вывод, что при генетическом анализе функциональности кибернетического моделирования этот функциональный подход не альтернативен структурно-субстратному. Напротив, в ходе развития кибернетического моделирования происходит движение научного познания от характристики функций живых объектов к раскрытию их внутренних структур. Кибернетическое моделирование в результате такого диалектического движения познания становится уже не чисто формализованно-функциональным, а приобретает структурный характер, частично перерастает в собственно структурно содержательное исследование объекта.

Следовательно, важной методологической особенностью кибернетического моделирования служит то обстоятельство, что этот метод, несмотря на свою исходную функциональность, является в то же время средством характеристики некоторого среза структуры самого моделируемого объекта.

---

[1] Нами предпринималась попытка (см. «Кибернетика, философские и социологические проблемы», М., 1963 г., гл. II и VI) проследить эту тенденцию увеличения удельного веса содержательного анализа в ходе рассмотрения методолсгических вопросов теории информации.

Модельно-кибернетический эксперимент

Кибернетическое моделирование неотделимо от использования быстродействующих электронно-вычислительных машин. Это обстоятельство накладывает определяющий отпечаток на кибернетические модели.

Благодаря участию этих устройств в кибернетическом моделировании научное познание получает возможность не только качественно раскрывать те или иные функционально-структурные связи, но и давать этим связям точную количественную характеристику. Вполне понятно, что в результате такого количественного описания функциональных связей некоторой технической, живой или социальной системы резко возрастает действенность ее познания.

Электронно-вычислительные машины дают научному познанию исключительно мощное средство реализации модельных проб. Применение таких машин в кибернетическом моделировании позволяет не вслепую, простым перебором находить управляющие параметры системы. На основе такого моделирования с использованием электронно-вычислительных устройств возникает возможность построения точного, количественно обоснованного оптимального (то есть наилучшего в данных условиях) алгоритма, описания последовательности шагов режима работы системы.

Применение электронно-вычислительных машин в кибернетическом моделировании обеспечивает очень важную черту моделей в кибернетике — их динамизм, гибкость. Поскольку эти модели приспособлены к описанию поведения сложных динамических систем, а это поведение, конечно, изменчиво в меняющейся среде, постольку и модели в кибернетике носят гибкий характер.

Эта важнейшая черта кибернетических моделей особенно полно реализуется в процессе моделирования с помощью аналоговых устройств. Характерна выполненная в Институте автоматики и телемеханики работа по созданию оптимизатора, регулирующего процесс наилучшего расположения заготовки на станке. Высокого развития динамизм кибернетических моделей достигает в моделях оптимизации, то есть нахождения наилучшего режима работы исследуемого объекта.

Использование моделей объекта для осуществления его оптимизации оказывается сложным многоэтапным процессом. Вначале строят логико-математическую информационную модель отпимизируемого процесса. Затем эту модель программируют и кодируют для введения в электронно-счетную машину. Наконец достигают оптимизации модели, и полученные результаты в виде выходных данных машины преобразуются в управляющие импульсы, направляемые к самому оптимизируемому объекту.

Причем в случае меняющейся обстановки модель, настроенная на оптимизацию объекта, может следить за изменением параметров объекта, не допуская нарушения найденного на модели оптимального процесса.

Наряду с электронными машинами для оптимизации энергосистем продолжают применяться традиционные расчетные установки. Характерным примером применения модели является расчетный стол как средство исследования и регулирования сложных электрических систем. Так, например, благодаря сравнительной простоте расчетных столов постоянного тока на них решаются инженерные задачи, не требующие очень высокой степени точности. Сюда относятся в первую очередь задачи оптимального потокораспределения в электросетях. Характерным в этом отношении является расчетный стол фирмы «Электросите де Франс» для определения потокораспределения» в сетях 380, 220 и 150 *кв*[1].

Благодаря применению электронных машин, способных в короткие сроки осуществлять колоссальные объемы вычислительных работ, в научных исследованиях приобретает все большее значение своеобразный метод математической проверки гипотез.

Весьма интересен в методологическом отношении математический эксперимент, проделанный Блиссом для решения спорного вопроса, касающегося поведения крабов у берегов Южной Америки. Выясняя периодичность биологических явлений, в частности вопрос о том, какими сутками — солнечными или лунными — пользуются крабы, Блисс провел статистический анализ, который показал, что верна гипотеза лунных суток. Этот математико-статистический вывод находится в соответствии и с чисто биологическими соображениями, характеризующими условия жизни крабов.

В данном примере можно видеть, каким мощным средством рационализации исследовательской работы может быть математический эксперимент, избавляющий от продолжения часто весьма сложных качественных наблюдений над исследуемым объектом.

Однако применение математизированной модели явления не ограничивается сферой количественного расчета. Напротив, весьма часто от такой модели, по крайней мере на первых этапах исследования, не требуется точного определения количественных параметров системы, а такая математизированная модель позволяет глубже понять связь функций и структуры моделируемого явления.

Так, американский ученый Р. Беллман, один из создателей мощного метода математического моделирования — ди-

---

[1] См. В. А. Веников. Пути использования различных моделей и счетных машин в энергетике, изд. М., 1959, стр. 7.

намического программирования отмечал: «Основная цель создания математических моделей состоит не столько в получении числовых результатов, которые хотя и важны, но часто являются сомнительными из-за недостаточности знаний параметров, сколько в определении самой структуры рассматриваемого явления. Во многих случаях более важны общие представления, чем конкретные числовые результаты»[1].

Во многих задачах модельно-кибернетический эксперимент с применением мощных современных математических методов и электронных машин позволяет развить не только конкретное количественное описание моделируемой системы, но и полнее раскрыть саму ее качественную структуру, что очень важно для оптимизации процесса управления этой системой. Модельно-кибернетический эксперимент оказывается мощным инструментом современного научного познания.

Исключительно велико применение модельно-кибернетического эксперимента в качестве надежного средства проверки поведения и возможностей проектируемых сложных систем современной автоматики. Возможность такой модельной проверки связана с тем, что тот или иной автомат выступает в качестве телесно-вещественной оболочки заложенного в него жесткого или гибкого (в случае способности к самообучению) алгоритма. Для ответа на вопрос, сможет ли проектируемый автомат выполнить те задачи, решение которых рассчитывают ему поручить, нет необходимости строить в металле первый образец. Достаточно будет проверить на электронной машине его алгоритмы. Конечно, потребуются известные усилия, чтобы запрограммировать этот алгоритм.

В работе А. А. Ляпунова и С. Яблонского «Теоретические проблемы кибернетики»[2] подчеркивается важность сокращения переборов вариантов при решении той или иной задачи, поскольку при «слепом» переборе вариантов, даже на весьма быстродействующей машине, вероятность нахождения оптимального варианта в заданный отрезок времени может оказаться исчезающе малой, что, конечно, поставило бы под сомнение весь данный кибернетический эксперимент перед вводом его в машину. Однако, как правило, затраты усилий на программирование будут значительно меньшими, чем затраты материальных средств и духовных сил на конструирование автомата и постройку его первого образца.

Такая своеобразная познавательная форма, как модельно-кибернетический эксперимент, находит весьма широкое применение в связи с разработкой важнейшего раздела кибернетики — теории игр и статистических решений.

---

[1] См. «Биологические аспекты кибернетики», изд-во АН СССР, 1958, стр. 102.

[2] См. «Проблемы кибернетики» № 9, 1963 г.

Модель «игровой ситуации» оказывается довольно эффектным средством вероятного прогнозирования поведения сложных объектов. Весьма широкий круг явлений может быть представлен в виде конфликтной ситуации, в которой сталкиваются две или более сторон. Более того, в общем случае игровая ситуация может быть распространена и на случай поведения одного автомата.

Математические средства теории игр дают возможность весьма успешно провести модельное сравнение эффективности различных устройств (точнее, устройств, действующих по различным алгоритмам, поскольку сравнить автоматы — это значит, в сущности, сравнить заложенные в них алгоритмы).

Гносеологический анализ новейших приемов модельно-кибернетических проб показывает, что, с одной стороны, операция моделирования в современном научном познании существенно обобщается, обогащается, а с другой стороны, значительно возрастает ее действенность и расширяется сфера применимости.

Для гносеологического анализа существенно сопоставить эту новейшую форму моделирования с уже ставшими традиционными вариантами этого метода. При таком сопоставлении мы прежде всего обнаруживаем, что в данном случае в современной форме проявляется широко известный в науке прием — при отсутствии общей теории данного класса объектов ищут возможность решить задачу для каждого данного единичного случая. В тех задачах, когда не удается получить последовательный ответ со стороны общей теории автоматического регулирования, вопрос о возможном поведении автомата в возможной ситуации решается методом модельной пробы для каждого отдельного случая. Как весьма часто бывает в познавательном процессе, в кибернетическом подходе такого рода модель выступает в качестве практически удовлетворительного заменителя теории, которая еще не построена во всех своих элементах.

Обращает на себя внимание, что в кибернетической машине такая способность модели заменять последовательную теорию в практически приемлемой форме в известном смысле универсализируется. Действительно, электронно-вычислительная машина, если отвлечься от сложности программирования, выступает в качестве совокупности потенциально бесконечного числа моделей тех или иных объектов, действующих по тем или иным алгоритмам.

В каждом данном случае кибернетического эксперимента машина сама выступает в качестве своеобразной модели испытуемого объекта. Эта универсально-модельная особенность электронно-вычислительных машин исключительно важна практически. **В теоретическом же плане несомненно соответствие метода модельно-кибернетической пробы широко при-**

меняемому в физике методу мысленного эксперимента. Различие в рассматриваемом случае заключается в том, что в ходе кибернетического эксперимента модель фиксируется не нейронами мозга, а элементами электронно-вычислительной машины. Вполне понятно, что благодаря колоссальному превосходству над мозгом в быстроте действия электронная машина способна осуществлять такой «как бы мысленный» информационный эксперимент в большем числе задач, чем мозг.

Однако эту аналогию, конечно, не следует абсолютизировать — машина, не обладающая никакой волей, в эксперименте осуществляет модельную пробу по заданию человека и по корректируемой им программе. Более того, важно учитывать, что модельная проба, позволяющая осуществить оптимизацию в отдельном частном случае, не освобождает от поисков теории, которая бы давала решение задачи в общем виде.

Примером практического производственного применения функционального подхода могут служить работы экономико-математической лаборатории Московского совнархоза по улучшению технологического режима на подмосковной фабрике, производящей электроизоляционные миканитовые плиты. Об этом рассказывается в научно-популярном фильме «Математическая статистика приходит на производство».

В определенный период времени стали выходить из строя сложные энергетические устройства из-за бракованных миканитовых прокладок. Основной причиной несовершенства этих пластин были сверхнормативные отклонения от заданной толщины плит, вследствие чего в более тонких местах происходил пробой изолятора.

Методами математической статистики вывели кривую, характеризующую распределение пластин по толщине. Такая кривая выступала в качестве некоторой функциональной модели, описывающей технологический процесс на фабрике. Затем, изменяя различные элементы технологической линии переработки слюды, старались приблизить фактическую кривую распределения пластин по толщине к заданной оптимальной кривой. Метод перебора и подбора различных технологических элементов позволяет на «выходе» производственного процесса получать минимальное число бракованных пластин.

Кривая распределения пластин выступала в этой работе в виде зеркального отображения производства изоляционных пластин. Перебирая варианты этой модели, даже не раскрывая всех причинных связей, влияющих на технологический процесс, мы получаем весьма действенное средство усовершенствования производства. Вполне понятно, что этот метод практически осуществим лишь с помощью совершенных вычислительных средств.

Благодаря новым могучим вычислительным средствам значительно расширяются возможности решения практических задач методом непосредственного перебора вариантов и выбора из них оптимального. Модельный эксперимент с помощью электронной машины — радикальное средство оптимизации в ряде практических задач.

Как нам представляется, можно выделить ряд существенных черт, характеризующих специфику метода моделей в кибернетике.

Кибернетическое моделирование раскрывает поведение сложных систем. В силу этого в нем учитывается не только своеобразие самой системы, но и особенности среды.

Вторая сторона функциональной природы кибернетических моделей заключается в том, что они обычно строятся при относительно неизвестной внутренней структуре моделируемой системы (или, по крайней мере, при существенных ограничениях в познании этой структуры, в данном конкретном исследовании).

Кибернетическим моделям присущ глубокий динамизм, способность гибко воспроизводить изменения, происходящие в моделируемом объекте. Самоорганизующиеся модели способны содействовать оптимизации управления системой. Кибернетические модели — это динамические модели оптимального управления объектом, внутренняя структура которого еще полностью не раскрыта.

Кибернетическое моделирование позволяет осуществлять модельные пробы моделируемых систем в виде испытаний заложенных в них алгоритмов. Кибернетические модели — это модели, осуществляющие «как бы мысленный» эксперимент над алгоритмами моделируемых систем в целях выбора оптимальной системы. Для кибернетического моделирования характерна множественность моделируемых объектов, из которых в ходе моделирования выбирается наилучший вариант, затем реализуемый в практике управления.

Кибернетическая модель выступает в форме модели оптимизации управления моделируемого объекта. Исследования в ходе кибернетического моделирования приобретают все более опосредованный характер — исследуются во многих случаях не непосредственно сами системы, а их алгоритмы. Алгоритмы оказываются универсальным объектом для моделирования.

Все большая часть работы проводится на модели, а перенесение полученного на модели результата на моделируемый объект в теоретическом отношении представляет собой более ясную часть задачи. Рост удельного веса модельно-кибернетического исследования в научной работе делает весьма актуальной в методологическом, а также и практическом отношении развитие этого метода.

Кибернетическое моделирование и усиление взаимосвязи наук

Теоретическое осмысление сложных динамических систем и практическая разработка (пусть еще во многом несовершенных) приемов управления ими является крупнейшим вкладом кибернетики в развитие современного научного познания.

На базе понятия сложной динамической системы кибернетика выработала соответствующий своеобразию этих систем метод формализованно-функционального подхода к действительности. Материальной базой развития и усовершенствования этого метода является технический прогресс электронных машин. Кибернетический метод, с одной стороны, неуклонно усовершенствуется в логико-математическом отношении, а с другой — постоянно расширяется сфера его применимости в области все новых и новых научных дисциплин.

Основой все возрастающего применения кибернетического метода служит универсальность понятия сложной динамической системы. Действительно, в качестве сложной динамической системы можно рассматривать и техническое устройство, и живую систему, и биосферу, и социальную организацию.

Важнейшим результатом кибернетики является распространение формализованно-функционального метода на широчайшие области явлений и процессов, точная количественная характеристика которых прежде применялась в крайне ограниченных масштабах. Распространение кибернетических приемов во все более и более широких сферах позволяет говорить о тенденции кибернетизации современной науки, как следующем за математизацией этапе формализации знания.

Кибернетизация знания содействует усилению тенденции к синтезу современных научных дисциплин. Это связано с тем, что разработка всеобщего метода формализации знания требует объединения наук при содержательном анализе объектов. Это касается в первую очередь разработки проблемы применения химии и физики в исследовании живого. Здесь от взаимодействия методов различных наук следует ожидать глубочайших результатов.

Характерным примером применения кибернетических средств в самых многообразных областях человеческой деятельности может служить сооружение сотрудниками Калининградского технического института управляющей электронной машины «Патрокл» (это название расшифровывается так — «прибор автоматического траления рыбы»). Автоматически оценивая все множество параметров, характеризующих обстановку на море, эта кибернетическая машина помогает капитану вести корабль по правильному курсу. Приведя корабль в расположение косяка рыбы, электронная машина по-

зволяет оптимизировать сам процесс ловли рыбы, увеличивая число успешных тралений в два раза.

В дальнейшем роль кибернетических средств и в познании и в трудовом преобразовании природы будет неуклонно возрастать. Не случайно в Программе КПСС подчеркивается значение кибернетики для развития материально-технической базы коммунизма.

Не менее перспективным является применение средств кибернетики в области анализа социальных явлений. В статье «Академия и ее научный профиль»[1] академик Б. Патон, говоря о создании на Украине крупного научного центра по кибернетике, указывает на необходимость развивать исследования по кибернетике и применять вычислительную технику для учета и планирования в народном хозяйстве.

Дальнейшее распространение, внедрение и развитие кибернетического метода в новых областях науки и техники на основе усиления тенденции к синтезу знаний — это важное направление современного научного прогресса. Отмечая всеобщность и широту кибернетического метода, конечно, нельзя упускать из вида и его ограниченность, связанную с неполным знанием внутренних структур объектов.

Кибернетическое моделирование в современных условиях является необходимой ступенью в развитии научного знания на пути его углубления от внешнего к внутреннему, от явления к сущности, от сущности первого порядка к сущности более высокого порядка. Такое моделирование является современным научным методом, широко применяемым для изучения, проведения и управления различных объектов. Мера сходства такого рода моделей и моделируемых явлений должна, конечно, специально подвергаться исследованию в каждом конкретном случае.

Однако было бы глубоко неверно считать, что кибернетические модели дают лишь некоторую поверхностную имитацию, не имеющую отношения к сущности моделируемых явлений. Иногда высказывается точка зрения, что кибернетические модели могут лишь иллюстрировать явления жизни и психики, но выразить их сущность они якобы не способны. Это глубокое методологическое заблуждение, ведущее в теоретическом плане, по сути дела, к разрыву явления и сущности, а в практическом плане — к пассивному ожиданию момента, когда с помощью традиционных методов будет выведен полный список качественных зависимостей причин и следствий.

Весьма характерным примером, свидетельствующим о действенности применения метода кибернетического исследования к психическим процессам, может служить разработка

---

[1] «Известия», 1 апреля 1963 года.

приемов моделирования на электронно-вычислительных машинах.

Так в Институте кибернетики Академии наук УССР разработана кибернетическая система, способная обучаться. Машина научается правильно считывать не только все знаки, напечатанные в обычных условиях, но и искусственно поврежденную машинопись (например, буква или цифра пропечатываются только наполовину и частично закрываются темным пятном, перечеркиваются несколькими линиями). Статистические исследования показали, что в обычных условиях (печатаются четыре экземпляра) вероятность ошибки в распознавании машинописных знаков не превышает 10^{-4}.

Интересны опыты по обучению электронной машины распознаванию цифр 0, 1, 2, 3, 5, проводимые в Институте автоматики и телемеханики. Брали по 160 экземпляров каждой цифры, машине предъявляли по 40 экземпляров каждой из цифр, то есть 200 начертаний цифр показывались в машине в процессе обучения, а 600 использовались для последующего контрольного предъявления. В этих опытах при определенных условиях число правильных ответов доходило до 98%.

Конечно, машина осуществляет процесс распознавания образа не так, как человек. Мы полностью можем узнать все содержимое машины (например, она может нам напечатать весь запас своей памяти), но тем не менее мы не узнаем, какой именно механизм имеет место в машине при распознавании того или иного образа. Мы фиксируем на начальном этапе исследования лишь функциональную связь между некоторым внутренним состоянием машины и ее способностью распознавать определенные образы. При этом, конечно, необходимо учитывать, что сами функциональные зависимости служат объективным выражением сущности объекта, хотя внутренний причинный механизм связи этого явления с сущностью пока еще, может быть, нам и неизвестен.

Говоря о моделировании в кибернетике, необходимо подчеркнуть, что важнейший исходный тезис исследования философского смысла функциональной природы кибернетического моделирования заключается в признании объективного, не зависящего от познающего субъекта характера функциональных связей системы и среды. Именно вследствие объективного характера структуры функциональных отношений мы получаем возможность вычленить их в качестве относительно самостоятельного предмета исследования.

Это объективная тенденция современного научного познания. И такое вычленение функциональных отношений может быть осуществлено в самых различных по вещественным субстратам сферам реальности. В силу этого было бы неверно, если бы философы стали умозрительно отыскивать сферы абсолютной неприменимости кибернетического подхода.

Важно лишь подчеркнуть, что независимо от количества областей применения кибернетического подхода он всегда остается одним из специальных научных методов. Универсальная распространенность кибернетического моделирования отнюдь не возводит последний в ранг общефилософской методологии. Более того, сам кибернетический подход при его применении к тем или иным сферам действительности дает наиболее плодотворные результаты лишь тогда, когда мы рассматриваем его роль и возможности в свете методологии материалистической диалектики, то есть когда мы не абсолютизируем его, а учитываем его относительность и ограниченность.

Опыт последних лет показывает, что, по-видимому, нет таких областей знания, к которым не были бы хоть в каком-либо отношении применимы кибернетические функциональные модели. Они разрабатываются и для техники, и для науки о Земле, и для биологии, и для социологии. Однако, отмечая универсализм функционального формализованного подхода по широте применимости, необходимо иметь в виду его неуниверсальность по глубине, то есть невозможно исчерпать все богатства ситуаций в познании и практике. Только рассматривая его как один из моментов в арсенале приемов и методов современных наук, мы сможем осуществить диалектический подход к функционально-формализованному методу исследования.

Это обстоятельство необходимо иметь в виду, например, при анализе попыток решить проблему сознания на базе одного лишь кибернетического подхода. Можно временно абстрагироваться от анализа внутренней структуры объекта в специальном частном исследовании, но при методологическом анализе нельзя забывать, что мир не сводится к функциональным связям. Функционально-статистический подход, развиваемый кибернетикой, не только не претендует на вытеснение традиционных причинно-динамических субстратных методов, но, напротив, само применение кибернетического подхода утрачивает продуктивность вне связи с традиционными методами. Справедливость этого положения становится особенно ясной при анализе проблемы исходной информации. Здесь необходимо сформулировать принципиальное для всего кибернетического подхода положение: степень совершенства кибернетических моделей в значительной мере зависит от исходной информации, получаемой «докибернетическими» средствами на базе качественного знания причинных зависимостей. Например, без знания некоторых качественных зависимостей живых систем было бы невозможно построение функциональных формализованных моделей поведения этих систем.

С функциональным моделированием связан важный новый этап в развитии форм модельного познания. Прежде всего в кибернетическом моделировании обобщается предмет моде-

лирования — им являются по преимуществу подвергаемые оптимизации внешние функциональные связи сложно-динамической системы и среды. Далее, обобщается сама объективная мера сходства, лежащая в основе моделирования, — изоморфизм внешних функций поведения систем (изофункционализм), объективное подобие функций (при различии как вещественных субстратов и энергетических процессов объектов, так и реализующих эти функции внутренних причинных связей). Теоретические модели кибернетики (логико-математические модели оптимизации) носят не наглядный, абстрактный характер.

В кибернетике осуществляется переход от задач наглядного представления объектов к характеристике внешних функций и путей управления объектом.

Кибернетическое моделирование представляет собой лишь первый, во многом еще несовершенный, но исторически необходимый и плодотворный способ подхода к сложно-динамическим системам, который, конечно, не следует абсолютизировать. В своей исходной работе У. Маккаллок и В. Питтс, раскрывая пути моделирования нейронных сетей с помощью логики высказываний, писали: «Однако один пункт должен быть сделан ясным: никто из нас не смешивает формальной эквивалентности с фактическим истолкованием» [1].

Мы видим, что моделирование не избавляет от необходимости фактического истолкования внутренней структуры объектов. В дальнейшем прогресс в исследовании сложно-динамических систем, очевидно, будет связан с новыми методами истолкования их внутренней структуры, учета ее возможных «скрытых параметров». При этом полнее раскроется ограниченность применяемой в кибернетике модели «черного ящика».

В функциональном подходе находит яркое проявление активность человеческого сознания, не останавливающегося перед препятствиями, а постоянно ищущего различные, но всегда имеющие объективное, не зависящее от познающего субъекта основание пути их преодоления. Не ждать, когда сущность жизненных, психических и иных явлений раскроется перед нами в законченом, «чистом» виде, а искать ее различные стороны и проявления, из анализа которых только и может сложиться целостная научная истина.

Подчеркивая эту сторону дела, Ленин писал в «Философских тетрадях»: «Нельзя понять вне процесса понимания (познания, конкретного изучения etc.). Чтобы понять, нужно эмпирически начать понимание, изучение, от эмпирии подниматься к общему. Чтобы научиться плавать, надо лезть в воду» [2].

[1] См. «Автоматы». М., ИЛ, стр. 365.

[2] В. И. Ленин. Соч., т. 38, стр. 197.

Активность познающего субъекта направлена прежде всего на выбор средств теоретического исследования[1]. Эту активность, конечно, нельзя абсолютизировать.

Выбирая для данных условий практической задачи некоторый «срез» реального бытия и отвлекаясь от других его сторон, необходимо помнить, что если выбор среза зависит от потребностей субъекта, то вид этого выбранного среза определяется самим реальным бытием. Что же касается результатов, получаемых одним каким-либо абстрактным методом, то они, конечно, дают лишь частичку объективной истины.

В современном научном познании возрастание активности субъекта органически сочетается со все более глубоким проникновением теории в объективную действительность. В соответствии с этим методы формализованно-функционального познания абстрагируются от различных сторон действительности, чтобы глубже проникнуть в сущность ее. Процесс постижения объективной истины предполагает в качестве своей важнейшей закономерности диалектическое единство формализованно-функциональных и вещественно-причинных методов исследования.

Развитие метода кибернетического моделирования — одна из важных задач современной науки. По мере развития тенденции кибернетизации все новых отраслей знания, все в большей степени будет возрастать роль моделирования. Моделирование — это альфа и омега кибернетического подхода к явлениям. От разработки этого исследовательского приема в существенной мере зависит успешность кибернетического анализа процессов реального мира.

Говоря о перспективах познания биологических процессов в предисловии к книге Ф. Джорджа «Мозг как вычислительная машина», действительный член АМН СССР П. К. Анохин отметил: «Моделирование — вот понятие, с которым сейчас наиболее тесно связаны надежды на кибернетический подход и математическое изучение жизненных процессов и функций»[2]. Нам представляется, что это высказывание с полным основанием может быть отнесено и к другим областям кибернетического подхода — к исследованию ряда физических, технических, экономических и других явлений и процессов.

Разработке приемов кибернетического моделирования все новых явлений реальности принадлежит существенная роль в деле выполнения задач, поставленных Программой КПСС перед наукой в период развернутого строительства коммунизма. Кибернетическое моделирование будет иметь немаловажное

---

[1] На это обстоятельство обращает внимание И. В. Кузнецов в работе «О математической гипотезе» «Вопросы философии» № 10, 1962 г. стр. 88.

[2] См. Ф. Джордж. Мозг как вычислительная машина. М., 1963. стр. 5.

значение в том, что в течение ближайшего двадцатилетия, как говорится в Программе партии, получат широкое применение кибернетика, электронные счетно-решающие и управляющие устройства в производственных процессах промышленности, строительной индустрии и транспорта, в научных исследованиях, в плановых и проектно-конструкторских расчетах, в сфере учета и управления.

ЛИТЕРАТУРА

Н. Винер. Кибернетика. «Советское радио». М., 1958.

Н. Винер. Кибернетика и общество. М ИЛ, 1958.

Кибернетику на службу коммунизму. Госэнергоиздат, М., 1961.

Философские вопросы кибернетики. Соцэкгиз. М., 1961.

Л. П. Крайзмер. Бионика, Изд-во «Знание», 1962.

В. В. Солодовников. Некоторые черты кибернетики. Изд-во «Знание», 1956.

В. М. Глушков. Гносеологическая природа информационного моделирования. «Вопросы философии» № 10, 1963.

Биологические аспекты кибернетики. Изд-во АН СССР. М., 1963.

Моделирование в биологии, М.ИЛ, 1963.

А. И. Уемов. Аналогия и модель. «Вопросы философии» № 3, 1962.

И. Б. Новик. Кибернетика, философские и социологические проблемы. Госполитиздат, М., 1963, гл. III.

В. А. Веников. К вопросу о классификации моделей и методов моделирования. Известия высших учебных заведений. Энергетика № 10, 1961.

СОДЕРЖАНИЕ

Автор
Новик Илья Бенционович

Научный редактор канд. философ. наук *Г. И. Рузавин*
Редактор *Г. Н. Савватеева*
Техн. редактор *Л. А. Дороднова*
Корректор *Э. А. Шехтман*
Худож. редактор *Г. И. Петушкова*
Обложка худ. *А. Кузнецова*

Сдано в набор 25/IV 1964 г. Подписано к печати 18/VI 1964 г. Изд. № 174.
Формат бум. $60 \times 90^1/_{16}$. Бум. л. 1,25. Печ. л. 2,5. Уч.-изд. л. 2,35.
А 03079. Цена 8 коп. Тираж 34 300 экз. Заказ 1628.
Опубликовано в тем. плане 1964 г. № 149
Издательство «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.

Типография изд-ва «Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.

8 коп.

Индекс
72922

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»
Москва 1964